

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-160212

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/66

G 0 1 R 31/28

H 0 1 J 37/252

識別記号

C 8406-4M

9069-5E

6912-2G

9069-5E

6912-2G

F I

G 0 1 R 31/ 28

技術表示箇所

V

審査請求 未請求 請求項の数2(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-320793

(22)出願日 平成3年(1991)12月4日

(71)出願人 000002325

セイコー電子工業株式会社

東京都江東区亀戸6丁目31番1号

(72)発明者 皆藤 孝

東京都江東区亀戸6丁目31番1号 セイコ

ー電子工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 林 敬之助

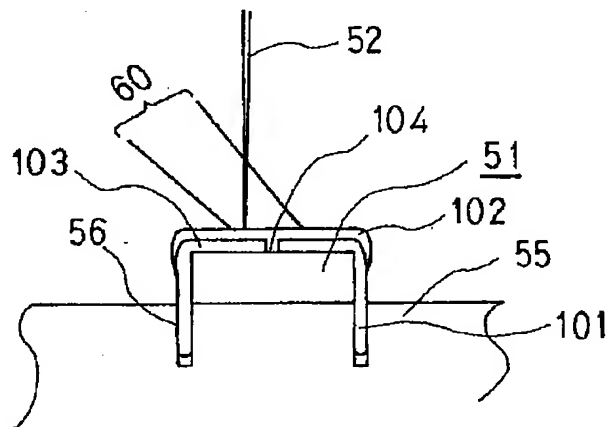
(54)【発明の名称】 集束イオンビームによる集積回路の動作解析方法とその装置

(57)【要約】

【目的】 半導体集積回路の表面に形成されているパシベーション膜を除去することなく、半導体集積回路の動作を解析すると同時に同様の装置にて、不良原因を分析することを可能にする。

【構成】 集束イオンビームを交流信号の入力してある半導体集積回路の表面の所定範囲を走査させながら照射し、それと同時に、イオン照射によるチャージアップを中和させる為に電子ビームを照射し、集束イオンビーム照射により試料表面から放出される二次電子を検出し、その検出信号を、走査信号にのせて、表示装置に画像表示する。

【効果】 画像は、パシベーション膜に穴をあけることなく、半導体集積回路の配線の電位を忠実に表すので、断線部分で画像のコントラストが表現される。従って、容易に動作解析ができる。更に、本方法は、集束イオンビームを使用しているので、イオンビームスパッタにより、その部分を掘ることができ、不良原因をも集束イオンビームにて観察することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 パシベーション膜に覆われた半導体集積回路の動作解析する回路部分に外部から交流信号を印加し、集束イオンビームを前記動作解析する回路部分を含む特定範囲に走査させながら照射し、かつ前記半導体集積回路に前記集束イオンビーム照射によりチャージアップを中和させるための電子ビームを照射し、前記集束イオンビーム照射により前記半導体集積回路から発生する二次電子を検出し、前記検出された二次電子強度に基づき前記半導体集積回路を画像表示することを特徴とする集束イオンビームによる集積回路の動作解析方法。

【請求項2】 イオンビームを発生する液体金属イオン源と、前記イオンを集束して集束イオンビームにするレンズと、前記集束イオンビームを走査させて半導体集積回路の表面の所定範囲を走査させながら照射させるための走査電極と、前記半導体集積回路の表面に電子ビームを照射する電子ビーム照射装置と、前記半導体集積回路に交流信号を出力する信号出力手段と、前記集束イオンビームの半導体集積回路への照射により発生する二次電子を検出する二次電子検出器と、前記二次電子検出器の信号と前記走査電極の信号に基づき画像表示する表示装置よりなることを特徴とする集束イオンビームによる集積回路の動作解析装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は集束イオンビームを半導体集積回路に照射し、その照射による二次電子を検出して、その半導体集積回路の動作を解析する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の集束イオンビームを半導体集積回路に照射して、その照射による二次電子を検出して、集積回路の動作を解析する方法は、特開昭63-142825号公報に示されるようなものがあつた。この方法は、半導体素子の所定の配線位置において、その配線上に形成されているパシベーション膜に集束イオンビームを照射して、そのパシベーション膜に穴を明け、所定位置の配線を剥き出しにする。

【0003】 次に、集束イオンビームを剥き出しになった配線部分を含むより周辺領域に照射しながら集束イオンビーム-CVD法により、その周辺領域に金属電極を形成する。そして、その金属電極に集束イオンビームを照射して、その際に電極から放出される二次電子を検出して、その電位波形測定することにより、半導体集積回路の動作解析をしていた。

【0004】 なお、集束イオンビームは、ある特定の領域に照射するため走査している。また、集束イオンビーム-CVD法とは、膜を形成したい部分に集束イオンビームを走査させながら照射し、かつその部分に有機化合物蒸気を吹きつける。このとき、その部分に吸着した有

機化合物が、集束イオンビームにより分解して膜を形成するものである。通常、電極形成においては、有機化合物蒸気としては、タングステンカルボニルが使用され、タングステンの金属電極が形成される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来のような方法においては、集積回路の動作を解析する場合は、半導体集積回路が故障した時の故障箇所を同定し、原因を診断したり、また、予期した動作と違った特性を示したとき、その原因を追求する場合が多い。また、通常、動作解析しようとする半導体集積回路は、絶縁膜であるパシベーション膜に覆われている。集束イオンビームの照射による二次電子を検出して半導体集積回路の動作を検出する際は、パシベーション膜に穴を明けて、配線を剥き出しにしてから、剥き出しにした配線に新たに電極を形成して、その電極に集束イオンビームを照射して、半導体集積回路の動作を解析していた。この場合、不良箇所を予め予想をたてて、その不良箇所の位置またはその近傍のパシベーション膜に穴を明けてから集束イオンビームの照射をおこない、半導体集積回路の動作解析を行っていた。このため、測定箇所に動作不良が検出されなかった場合、新たに違った場所にパシベーション膜の穴明けを行い、再び動作確認作業をしなければならなかった。つまり、試行錯誤的作業が必要であった。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために本発明は、パシベーション膜に覆われた半導体集積回路の動作解析する回路部分に外部から交流信号を印加し、集束イオンビームを前記動作解析する回路部分を含む特定範囲に走査させながら照射し、かつ前記半導体集積回路に電子ビームを照射し、前記集束イオンビーム照射により前記半導体集積回路から発生する二次電子を検出し、前記検出された二次電子強度に基づき前記半導体集積回路を画像表示することを特徴とする集束イオンビームによる集積回路の動作解析方法及びその装置であります。

## 【0007】

【作用】 半導体集積回路に負電位を印加した配線上の絶縁膜であるパシベーション膜は容量結合（誘電分極）により、その配線の電圧をその表面に表す。つまり、その表面には、負の電位を持つことになる。この部分に集束イオンビームを照射して放出される二次電子は、表面電位（負電位）により加速されて、二次電子検出器に検出される。また、正電位を印加した配線上のパシベーション膜の表面は、正の電位を持ち、この部分に集束イオンビームを照射して放出される二次電子は、表面電位（正電位）により補足されて、二次電子は殆ど二次電子検出器に検出されなくなる。これにより、半導体の配線電位のコントラストを画像観察することができるものである。

【0008】しかしながら、半導体集積回路の表面に形成されているパシベーション膜は絶縁膜であるため、集束イオンビームの照射により、すぐに、チャージアップ（正電位の帯電）を起こし、二次電子は表面に補足されてしまい、二次電子検出器に殆ど二次電子は検出されない。つまり、集束イオンビーム照射にて動作解析をしようとする場所はすべてチャージアップしてしまい、配線の電位の容量結合による分極の影響を殆ど表さなくなり、半導体の配線電位のコントラストを画像観察することができなくなる。

【0009】ここで、本発明の方法である半導体集積回路の表面に電子ビームを照射すると、集束イオンビーム照射により正の電位にチャージアップした個所は、一次電子ビームまたは、一次電子ビーム照射による二次電子を補足して、中和され、チャージアップは解消される。従って、集束イオンビーム照射による二次電子のうち、二次電子検出器に検出されるものは、パシベーション膜下に存在する配線の電位により、異なるものとなる。つまり、半導体集積回路の配線の電位を、画像表示することができるものである。

【0010】更に、半導体集積回路に印加する電気信号は、交流信号であるが、これは、直流信号を印加すると、配線部分の電位により分極したパシベーション膜の表面電位が、集束イオンビーム照射、中和のための電子ビーム照射およびそれらの二次電子により時間とともに中和されて、パシベーション膜表面に電位コントラストが消失するからである。

【0011】従って、半導体集積回路に印加する電気信号は、交流信号とする必要がある。

【0012】

【実施例】図1の集積回路の動作解析をする集束イオンビーム装置の概略断面図に従って本発明を説明する。イオン源である液体金属イオン源1は金属としてガリウム（Ga）を用い、Gaイオンビーム2を発生する。液体金属イオン源1のイオンビーム2発生方向に中心にイオンビーム2を通すための穴を設けている円板上のビームモニタ3が設けられている。ビームモニタ3は、イオンビーム2の光軸から大きく外れたものをカットすると同時に、イオンビーム2の電流を検出するものである。ビームモニタ3により得られたデータはイオン光学制御装置4に送られ、液体金属イオン源1の出力を制御する。ビームモニタ3の下には、コンデンサレンズ5が設けられている。このコンデンサレンズ5にも中心にイオンビーム2を通過させるための孔が形成されており、イオンビーム2はこの孔を通過することにより集束される。コンデンサレンズ5もイオン光学制御装置4により制御されている。

【0013】コンデンサレンズ5を通過したイオンビーム2はつぎにあるブランカ6により、イオンビーム2のオン・オフが行われる。ブランカ6は、イオンビーム2

を試料である半導体集積回路51に照射したくないとき、または、イオンビーム2を走査する際に、イオンビーム2を別のラインに移るときに働かす、つまりオンする。ブランカ6は走査制御装置7により制御される。

【0014】ブランカ6を通過したイオンビーム2は、次にある対物レンズ8により更に集束され、集束イオンビーム52になる。対物レンズ8もイオン光学制御装置4により制御されている。更に、集束イオンビーム52は、次にある走査電極9により走査される。集束イオンビームの走査範囲や走査回数、時間は走査制御装置7により制御される。

【0015】上記のように、集束されかつ走査された集束イオンビーム52は試料51の所望領域を照射する。ここで、試料51を照射する集束イオンビーム52は2つのレンズ5、8により1 $\mu$ m径以下に絞られている。またイオンビーム2の加速電圧は10～50kVであり、本実施例では30kVを使用した。さらに、集束イオンビーム52電流は数pA～数nAの範囲で設定できる。今回は100pAを使用した。

【0016】さらに、本装置には、試料51に電子ビーム60を照射するための電子ビーム照射装置53が、試料51の近傍に備えられている。電子ビーム60の加速電圧、電流、ビーム径は、電子ビーム制御装置54により制御されている。電子ビーム60は、試料51に集束イオンビーム52を照射するときに、照射され、試料表面を覆っているパシベーション膜が正電位にチャージアップするのを防止する。電子ビームの加速電圧は2kV以下で、500V程度が望ましい、2kV以上であると、電子ビーム照射によるチャージアップが生じるためである。本実施例では、400Vを使用した。

【0017】試料51は試料台55に載置され、更に試料台55には試料台55をXYZ方向に移動させるための駆動装置56が備えられている。更に試料台55には図2に示すような構成になっている。つまり、試料台55には、試料51である半導体集積回路に交流信号を入力するための、信号出力手段である電気信号出力端子が設けられている。

【0018】本実施例では、半導体集積回路に設けてあるピン101に対応するソケット56が電気信号出力端子を構成しており、半導体集積回路に交流信号を出力する。なお、電気信号出力端子は、図2で示したソケット56に限定されるものではなく、プローブ等、何らかの半導体集積回路のある特定の回路に交流電気信号を出力するためのものであればよい。

【0019】集束イオンビーム52照射位置の近傍に、その方向に窓を向けて、集束イオンビーム52の照射により試料51表面から発生する二次電子を検出するための二次電子検出器57が設けられている。二次電子検出器57からの信号は増幅器58により増幅され、表示装置59に入力される。また、表示装置59は走査制御装

5

置 7 からの走査信号も入力しているため、二次電子検出器 5 7 からの信号は、走査制御装置 7 からの走査信号と同期することにより、二次電子強度が画像表示される。

【0020】次に、動作不良を起こす試料 5 1 を本発明の方法にて動作解析する方法を説明する。試料 5 1 は図 2 に示すように、試料 5 1 の表面に絶縁膜であるパシベーション膜 1 0 2 が形成されている。パシベーション膜 1 0 2 の下には配線 1 0 3 が形成されており、その配線 1 0 3 の一部に動作不良の原因である断線部分 1 0 4 が存在している。ここで、図 2 に於いて、右側のピン 1 0 1 に試料台 5 5 のソケット 5 6 から交流信号を入力する。その交流信号は断線部分 1 0 4 にて遮断され、その断線部分 1 0 4 の左側の配線には信号が伝わらない。断線部分 1 0 4 から右側の配線 1 0 3 には、電圧が印加されるため、印加が負の電位の場合は、その部分のパシベーション膜 1 0 2 の表面は負の電位になる。ここで、断線部分 1 0 4 を含む領域を前述の集束イオンビーム 5 2 を走査させながら照射すると同時に、電子ビーム 6 0 をも照射する。集束イオンビーム 5 2 の照射による二次電子は、断線部分 1 0 4 から右側の配線 1 0 3 のように、

表面が負電位の場所では、同一極性のため、試料 5 1 に補足されることなく、逆に二次電子検出器 5 7 方向に加速されるため、二次電子が二次電子検出器に多く検出される。また、断線部分 1 0 4 から左側の配線 1 0 3 には電圧が断線により伝わらない。その部分のパシベーション膜 1 0 2 表面には配線の電位による電位の変化はなく、集束イオンビーム照射により通常の絶縁膜の二次電子が発生する。つまり、断線部分 1 0 4 から右側の配線 1 0 3 部分より暗くなる。

【0021】逆に、断線部分 1 0 4 から右側の配線 1 0 3 から正の電位を印加している場合は、逆に断線部分 1 0 4 から右側の配線部分からの二次電子像は暗くなる。これは、その部分の表面電位が誘電分極により正の電位になり、二次電子はその電位により、表面に補足されてしまうからである。以上のように、二次電子検出器 5 7 にて検出された二次電子は、増幅器 5 8 により増幅され、走査制御装置 7 の走査信号にのせられ、表示装置 5 9 に画像表示される。つまり、配線 1 0 3 の画像は、断線部分 1 0 4 を境に、画像のコントラストが現れる。その境が、動作不良の原因である断線部分 1 0 4 であることが、表示装置 5 9 の画像から分かる。

【0022】動作不良の場所が分かったら、次に、断線部分 1 0 4 を縁にして集束イオンビームを或る範囲で繰り返し走査して照射する。これにより、イオンスパッタリングにより照射部分を除去して、不良部分の断面加工をして、かつ断面の観察をする。断面観察は、試料 5 1 を傾けて、加工した断線部分 1 0 4 の断面に、集束イオンビーム 5 2 を照射してその二次電子または二次イオン

6

を検出することにより行われる。

【0023】なお、パシベーション膜 1 0 2 で覆われた半導体集積回路を集束イオンビーム 5 2 を走査させながら照射して、その動作を解析する場合、電子ビーム 6 0 を照射することは、非常に重要である。絶縁性材料に集束イオンビーム 5 2 を照射すると、その照射により中性粒子と、電子（負の電位）とイオン（正と負の電位のものがあるが、殆ど正の電位である）の二次荷電粒子その他が材料から放出される。この二次荷電粒子は、電子の方がはるかに多く、従ってすぐに正の電位に帯電する。この正の帯電により、二次電子は補足され、二次電子は殆ど二次電子検出器 5 7 で検出されない。つまり、表示装置 5 9 に画像表示されなくなる。この帯電を中和させるのが、電子ビーム 5 3 であり、電子ビーム 5 3 照射は、集束イオンビーム 5 2 照射領域でもよいし、集束イオンビーム照射位置の近傍でもよい。その理由は、中和は、電子ビーム 5 3 照射による二次電子を採り込むことにより達成されるためである。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、パシベーション膜に覆われた半導体集積回路の動作解析を、パシベーション膜を除去することなく達成でき、不良箇所を特定でき、更には、その不良箇所を、本装置により引き続き、不良の原因をも突き止める事ができるものである。

【図面の簡単な説明】

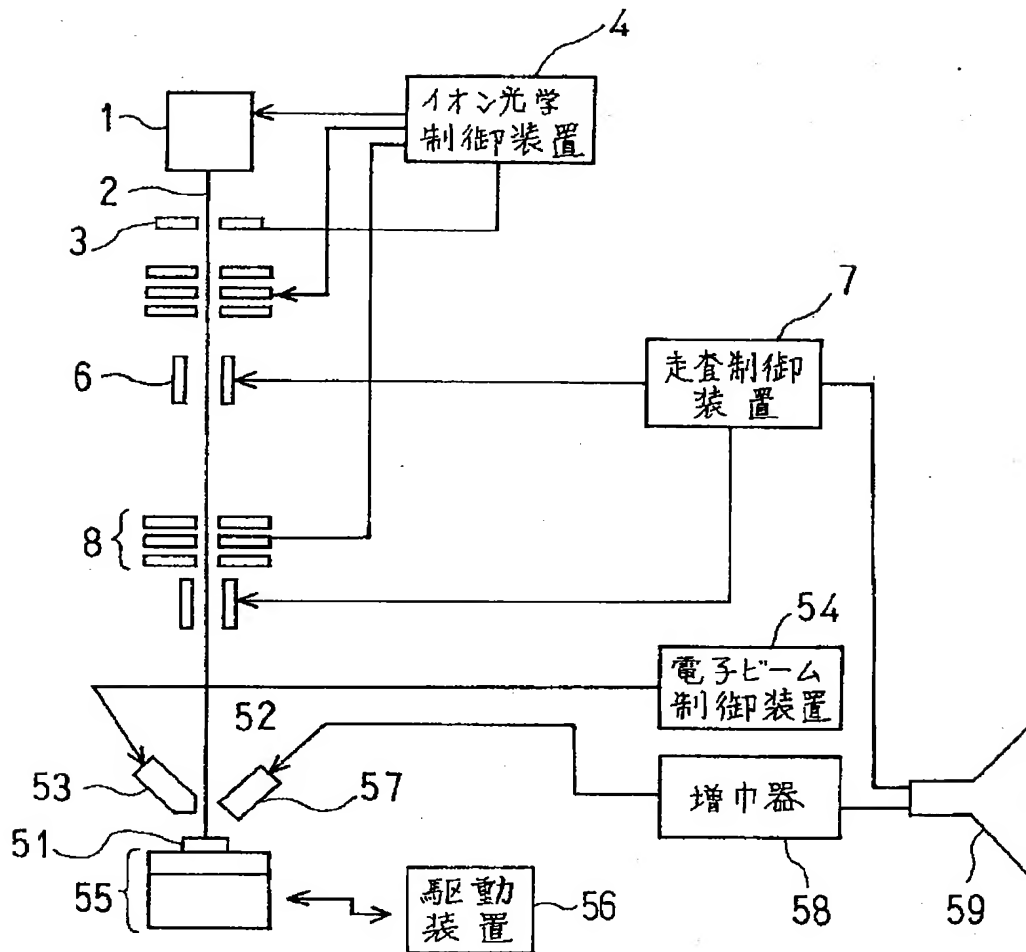
【図 1】実施例を示す概略断面図である。

【図 2】試料部分の概略断面図である。

【符号の説明】

- 1 液体金属イオン源
- 2 イオンビーム
- 4 イオン光学制御装置
- 5 コンデンサレンズ
- 6 ブランカ
- 7 走査制御装置
- 8 対物レンズ
- 5 1 試料
- 5 2 集束イオンビーム
- 5 3 電子ビーム照射装置
- 5 5 試料台
- 5 7 二次電子検出器
- 5 9 表示装置
- 6 0 電子ビーム
- 1 0 1 ピン
- 1 0 2 パシベーション膜
- 1 0 3 配線
- 1 0 4 断線部分

【図1】



【図2】

